

Základní termíny zátěžové  
fyziologie, funkční diagnostika ,  
interpretace

MUDr.Martin Komzák, Ph.D.

# K čemu je nutná alespoň minimální vytrvalostní zdatnost

- Schopnost regenerovat po akutní únavě, dlouhodobá pracovní tolerance
- U závodního rychlostního sportovce "absolvovat celoroční "kolotoč" zápasů
- Kardiovaskulárně limitovaný: svobodná volba koníčků i povolání, tedy schopnost sociální rehabilitace
- Obézní + nevykonný: možnost pohybem redukovat nadváhu ( "jinak by musel chodit šouravým krokem 12 hodin denně..")
- Kardiovaskulární a metabolická prevence pohybem má nejvyšší benefit při zvýšení zdatnosti z nejnižšího kvartilu zdatnosti

# Ukazatele odezvy na zátěž

- Jedná se o údaj o stavu fyziologické funkce organismu, ne o údaj o absolvované zátěži (tj. rychlost, vzdálenost, apod.)
- **Předstartovní stav** (aktivace sympatiku)
- **Průběh zátěže** (změny v krevním oběhu, respiraci, odvodu tepla,...)
- **Zotavení** (aktivace parasympatiku)

# Výkon (Watt)

- **Místo definice: na ergometru sestra nastaví watty, tedy výkon, který od probanda budeme po určitou dobu požadovat**
- **Práce = výkon za čas (J)**
- **To, jak měníme watty v čase je zátěžový protokol = základní postulát zátěžové fyziologie**

# Základní postulát ukazující, že do zátěžové fyziologie alespoň maličko vidím

- Své pacienty (klienty, sportovce) zatěžuji ve  
wattech na kilogram hmotnosti

# Ukazatele odezvy na zátěž

- **Subjektivní (míra únavy, dušnost,...)**
- **Objektivní (měřeny přístroji)**

# Ukazatele odezvy na zátěž

- **Subjektivní**
- **Borgova škála zátěže**

# BORGOVA ŠKÁLA SUBJEKTIVNÍHO VNÍMÁNÍ INTENZITY ZÁTĚŽE - RPE

(rating of perceived exertion)

6		14	
7	velmi, velmi lehká	15	nanáhavá
8		16	
9	velmi lehká	17	velmi nanáhavá
10		18	
11	lehká	19	
12		20	velmi, velmi nanáhavá
13	poněkud nanáhavá		



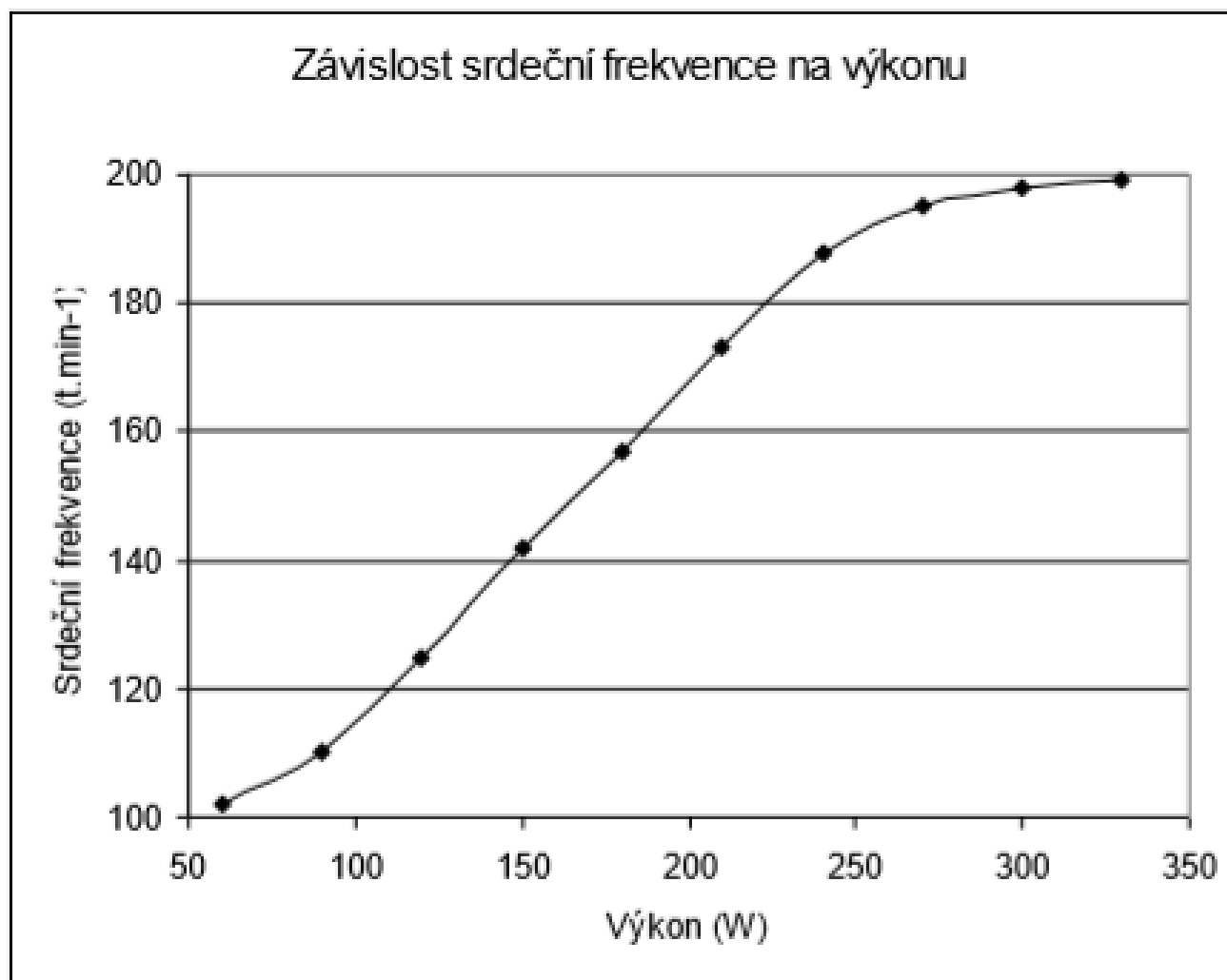
# Ukazatele odezvy na zátěž

- **Objektivní**
- **Kardiovaskulární ukazatele**

# Srdeční frekvence

- Měřena sporttesterem nebo EKG
- Orientačně určuje energetický metabolismus, příjem kyslíku = výkonnost
- **Klidová SF** – 60-75/min
- **Bradykardie** pod 60/min, **tachykardie** nad 90/min

# Zátěžová TF



# Tepové rozpětí (tepová rezerva)

- HRmax pro daný sport konkrétní osoby - HR klidová
- !!! Tepové rozpětí pokud to jenom trochu jde stanovujeme individuálně a zvlášt' pro různé sporty

# Pamatujte

- **Adaptací na zátěž klesá HR klidová, HRmax jen zcela nepatrně**
- **Intenzitu zátěže je optimální porovnávat v procentu tepového rozpětí**

# Raději nepamatujte:

- HRmax je v průměru 220-věk (pro běh)  
ale 2 SD toho průměru jsou cca 15 - 20  
tepů (!!!)
-

# Když už na této formuli trváte, pak pro HRmax pamatujte

- Při běhu 220 - věk
- Při jízdě na ergometru o cca 10 tepů méně
- Při plavání o dalších 15 - 20 tepů méně
- Platí cca od 35 let u mužů, 25 let u žen

# Krevní tlak

- **Hydrostatický tlak v krevním řečišti**
- **Ovlivněn pružností cév (odpor cévního řečiště)**
- **Systolický a diastolický**
- **Změna během několika vteřin – nutnost opakování měření**
- **Norma 120/80 (změna=přetrénování)**



# Krevní tlak

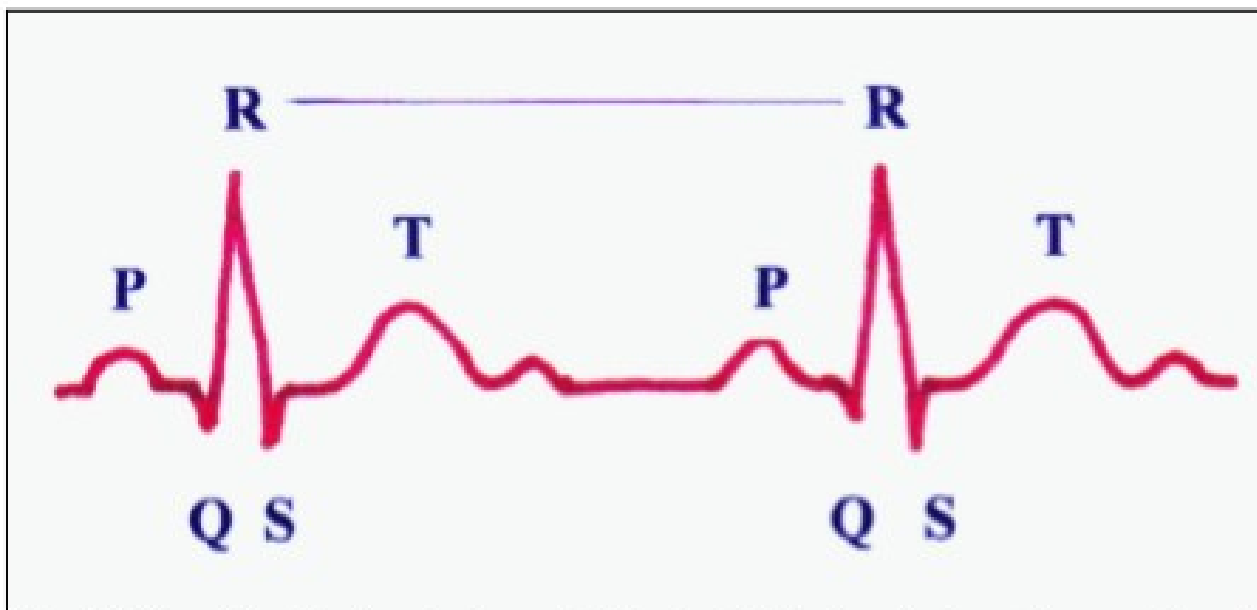
- TKD se při zátěži snižuje či stagnuje
- TKS se při zátěži zvyšuje, max 240mmHg
- Pokles TK při zátěži značí přetížení myokardu ev. následné selhání krevního oběhu!!!

# Krevní tlak

- Po ukončení zátěže se TK vrací k původním hodnotám, většinou i pod (využití dynamické PA při léčbě hypertenze)
- **CAVE!** pád a ztráta vědomí!

# EKG - elektrokardiogram

- zaznamenání elektrické aktivity srdce

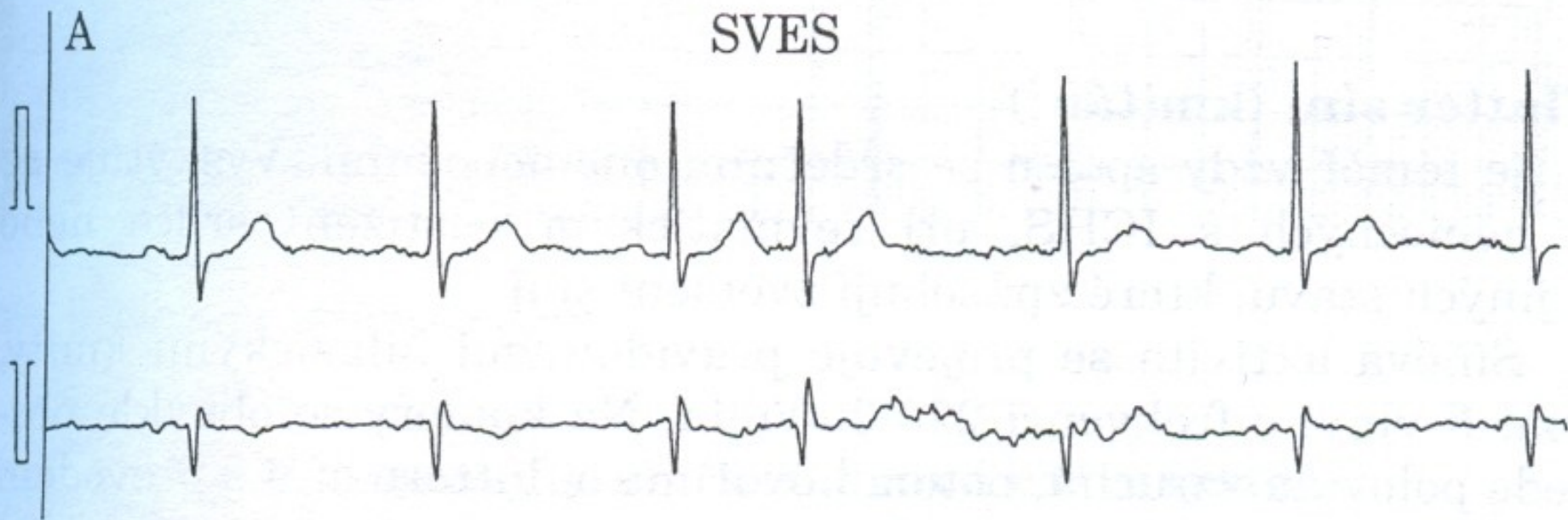


*Vysvětlivky: vlna P – depolarizace síní, kmity QRS – depolarizace komor, vlna T – repolarizace komor.*

# EKG - elektrokardiogram

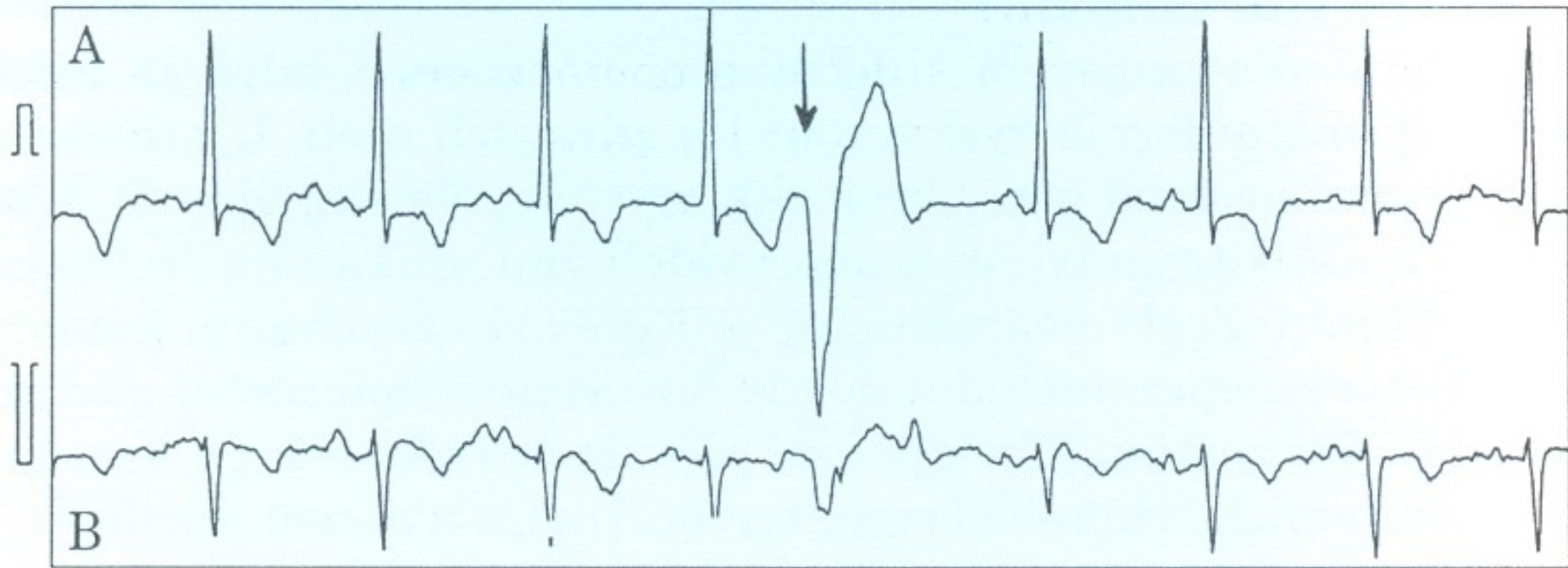
- respirační arytmie
- ojedinělé KES v klidu nebo po zátěži
- při zátěži nesmí přibývat **ektopické aktivity!**
- Hodnotíme:
- **Výskyt arytmií**
- **Přítomnost nedokrvení srdce = změny ST úseku – ischemie**
- **Změny QT úseku**

# Ektopická aktivita



Obr. č. 11: Předčasný síňový stah.

# Ektopická aktivita



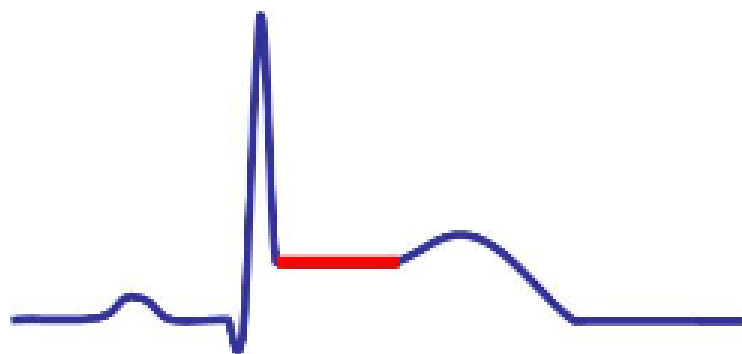
Obr. č. 15: Předčasný komorový stah (označený šipkou).

# PORUCHY DEPOLARIZACE

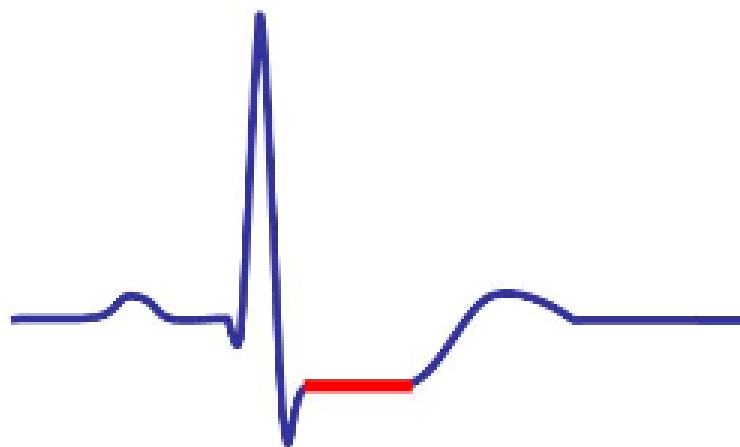
Syndrom preexcitace (W-P-W aj.)



# Ischemie



Elevace ST (STE) je přítomna ve svodech ležících na hrudní stěně nad ložiskem v myokardu



V přítomnosti STE je deprese ST ve svodech, které jsou protilehlé (reciproční) k umístění ložiska v myokardu



# EKG při zátěži

## SOUHRN – ZÁVĚR

**Při zátěži** by neměly být přítomny poruchy rytmu ani repolarizace.

Měla by být přítomna pravidelná sinusová tachykardie, přiměřená zátěži.

**V klidu** mohou být některé dysrytmie projevem:

- **Výraznější neurovegetativní aktivity:** sinusová respirační dysrytmie (variabilita srdeční frekvence).
- **Vagotonie** (vrozené nebo jako adaptace na vytrvalostní trénink): bradykardie.

# Ukazatele odezvy na zátěž

- **Objektivní**
- **Kardiovaskulární ukazatele**
- **Ventilačně-respirační ukazatele  
(spiroergometrické)**

# Maximální zátěžové testy

**Laboratorní testy, při kterých je intenzita zatížení postupně zvyšována až do maxima.**

**Smyslem je zjistit zejména  $\text{VO}_2\text{max(peak)}$  - výkonnost kardiovaskulárního systému a tak určit pracovní kapacitu či pracovní toleranci.**

**Někdy označovány jako **spiroergometrie**.**

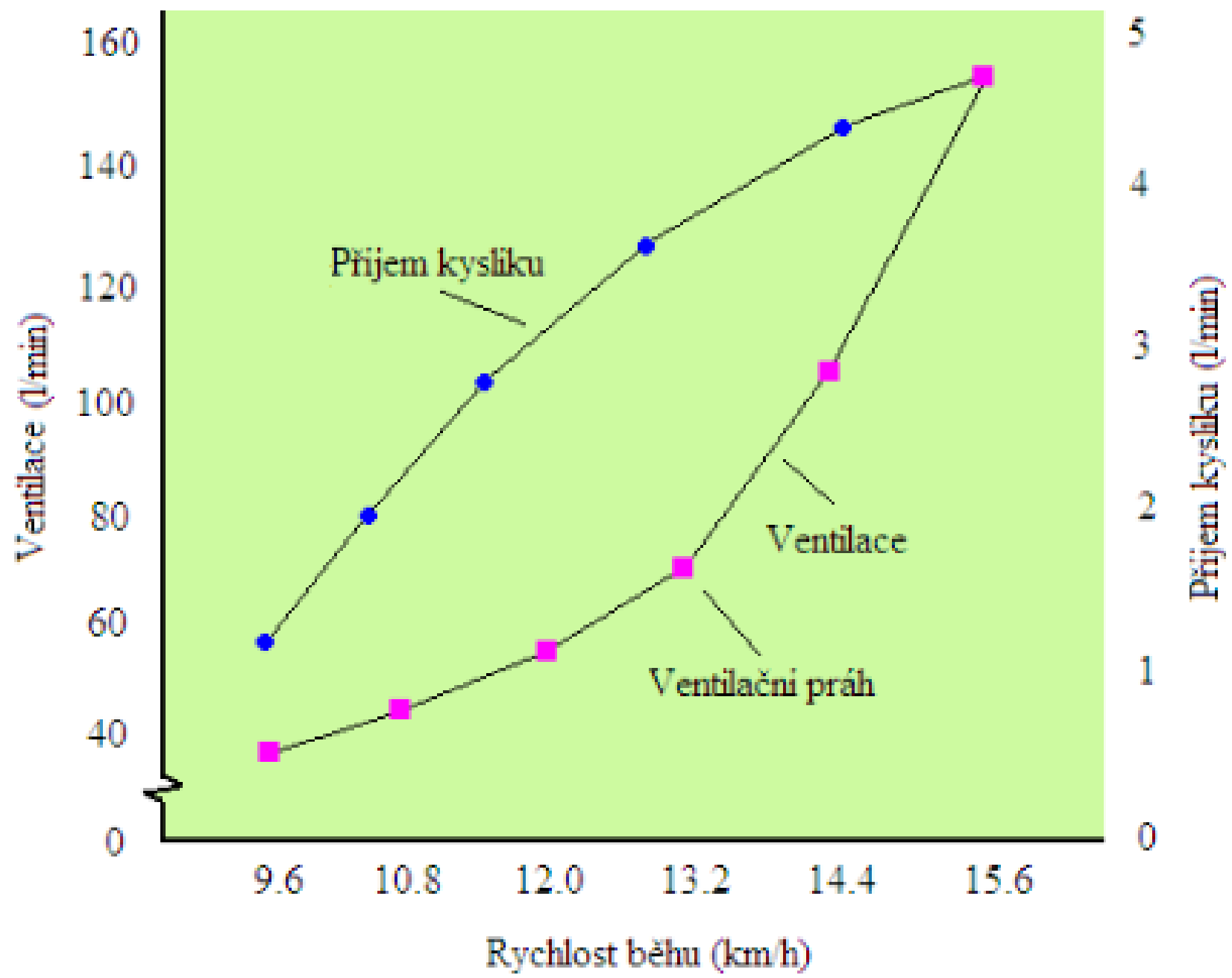
*Pracovní kapacita je výkon dosažený bezprostředně před výskytem projevů zejména ischemie na EKG, které jsou důvodem k ukončení testu. U pacientů s ischemií v klidu je nulová. Pracovní tolerance je nejvyšší tolerované zatížení, při kterém bylo dosaženo kritérii k ukončení maxima.*

# Spiroergometrické ukazatele

- **Minutová ventilace (V, VE, l/min)**
- **Množství vzduchu prodýchaného za minutu**
- **Součin dechového objemu plic a dechové frekvence**
- **Klid: 5-6l/min**
- **Předstartovní stav: klid x 2**
- **Zátěž: až 200 l/min**

# Spiroergometrické ukazatele

- Během zátěže dochází nejprve k postupnému zvýšení VE, následně v tzv. **ventilačně anaerobním prahu** dojde k prudkému zvýšení (kompenzace zátěžové acidózy)
- Při únavě se posunuje do nižších hodnot
- Po skončení zátěže postupný pokles během 10-15 minut



# Spiroergometrické ukazatele

- **Minutový příjem kyslíku ( $\dot{V}O_2$ , l/min)**
- **Objem kyslíku, který přijmeme do těla dýchacími cestami**
- **Nutno vztahovat na kg hmotnosti těla**
- **Klidová hodnota: 3,5ml/min/kg**
- **Vyšší hodnoty = fáze regenerace, zánět, hypertyreóza, ...**

# Spiroergometrické ukazatele

- **Maximální minutový příjem kyslíku (VO<sub>2</sub> max) = hodnota spotřeby kyslíku při plném vytížení sportovce**
- **Odraz kapacity transportního systému pro kyslík**
- **Snížení = únava, přetrénování, de kondice**
- **max. hodnoty 60-80 ml/kg/min u sportovců**



# Spiroergometrické ukazatele

- **VO<sub>2</sub> peak** = hodnota spotřeby kyslíku, při které se objeví symptomy pacienta a nelze ve vyšetření dále pokračovat

# Spiroergometrické ukazatele

- **RER** = poměr expirační výměny
- **$V_{CO_2}/V_{O_2}$**
- Platí pro výměnu plynů v plicích

**$RER = RQ$  pouze v rovnovážném stavu**

# Spiroergometrické ukazatele

- **RER v klidu cca 0,7**
- **RER při zátěži = 1,00 =  $V_{CO_2} = V_{O_2}$  =  
ventilačně anaerobní práh (tepová pásma  
pro trénink)...minimální hladina, která  
by měla být dosažena při zátěžovém testu**
- **Max zátěž = RER 1,10 – 1,20**

# RER

závisí na stravě

**(u sacharidů je RER 1, bílkovin 0,80 a u tuků 0,70, u smíšené stravy 0,80-0,85)**

# W170/kg

**Zátěžový test zjišťující pracovní kapacitu při SF 170 tep/min.**

**Zátěžový test zjišťující teoretický výkon (P) [W], který by měl proband podat při SF 170 tep/min.**

**Fyziologický princip:**

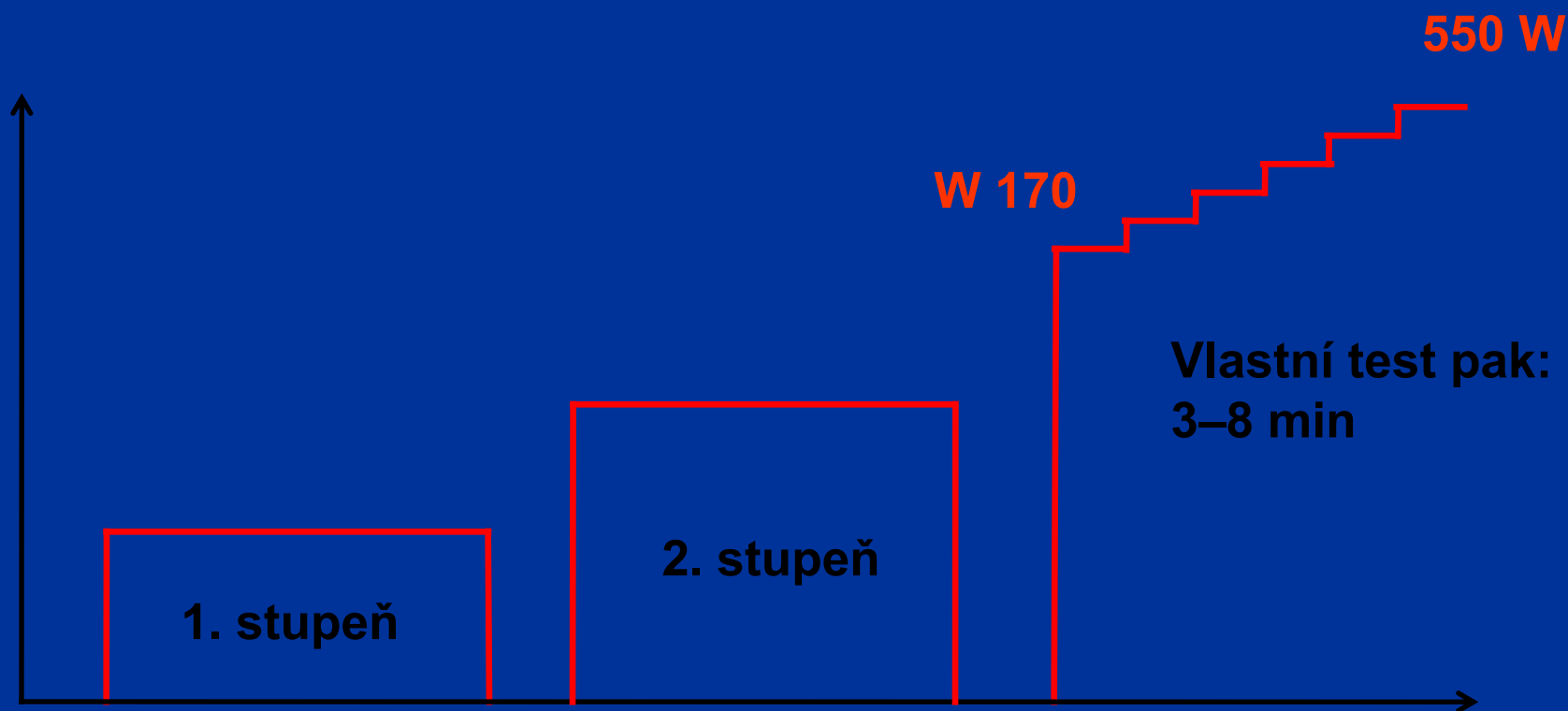
**Lineární závislost (pozitivní korelace) mezi SF a intenzitou zatížení v rozsahu 120–170 (180) tep/min.**

*Poznámka: od 120–170 (180) tep/min se nemění systolický objem, srdeční výdej je tedy závislý jen na srdeční frekvenci. Systolický objem do 120 tep/min roste, od 170–180 tep/min klesá (krátká diastola).*

# Maximální zátěžové testy

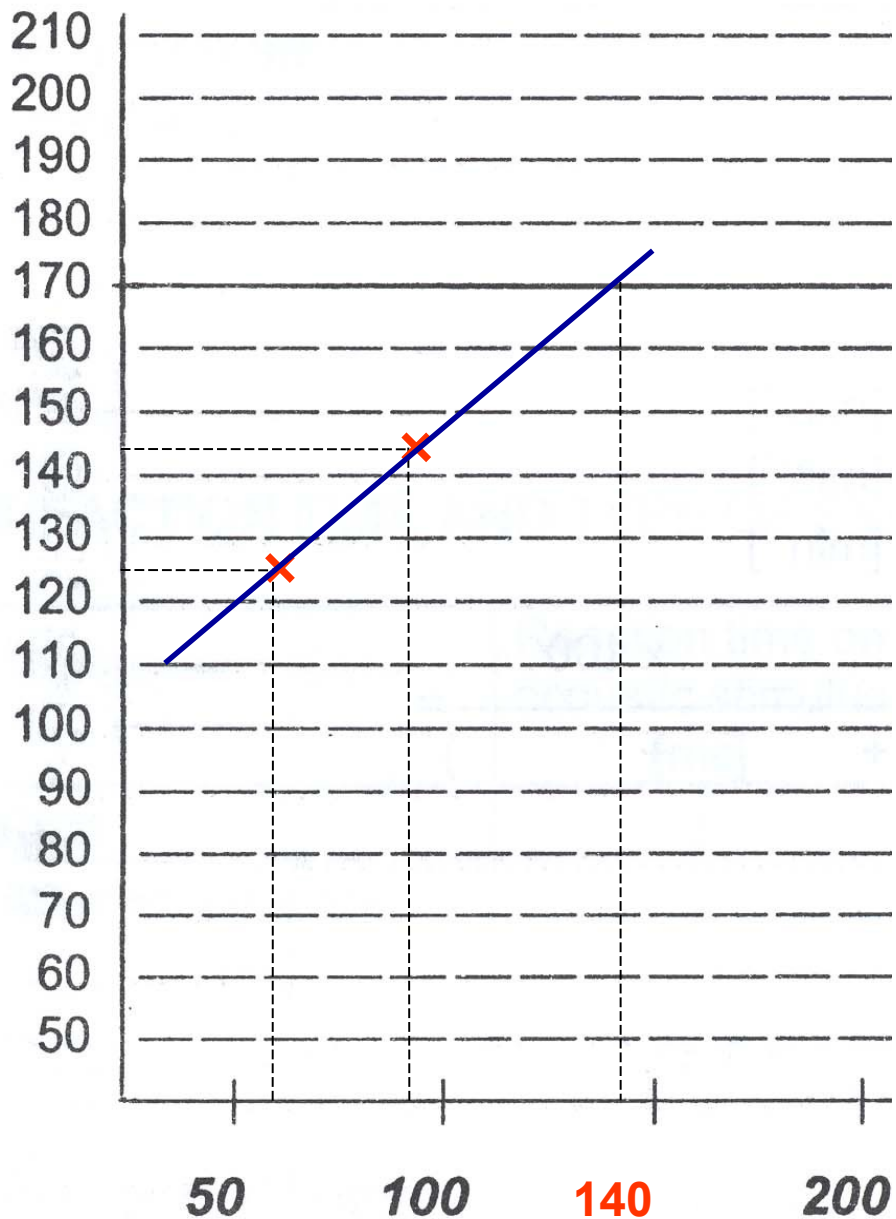
Jak určit výkon při AnP?

Použití testu W170 jako rozcvičení před testem do maxima



HR  
[min<sup>-1</sup>]

## Grafické zjištění W170 extrapolací



Výsledek testu:

- 1) 60 W = 125 tep/min
- 2) 90 W = 145 tep/min
- 3) 140 W = 170 tep/min

Index W170:

140 W : hmotnost (60) = **2,33 W/kg**

Table 23.:

Watts per kg body weight at maximal load (W/kg)

M E N				W O M E N		
$\bar{x} - 1s$	$\bar{x}$	$\bar{x} + 1s$	Age (yr)	$\bar{x} - 1s$	$\bar{x}$	$\bar{x} + 1s$
3.9	4.4	5.0	11	3.0	3.5	4.0
3.9	4.4	4.9	12	3.0	3.5	4.0
3.8	4.3	4.9	13	2.9	3.5	4.0
3.8	4.3	4.8	14	2.9	3.4	4.0
3.7	4.2	4.8	15	2.9	3.4	3.9
3.7	4.2	4.7	16	2.8	3.4	3.9
3.6	4.1	4.7	17	2.8	3.4	3.9
3.6	4.1	4.6	18	2.8	3.3	3.9
3.5	4.1	4.6	19	2.8	3.3	3.8
3.5	4.0	4.5	20	2.7	3.3	3.8
3.4	4.0	4.5	21	2.7	3.2	3.8
3.4	3.9	4.4	23	2.6	3.2	3.7
3.3	3.8	4.3	25	2.6	3.1	3.6
3.2	3.7	4.3	27	2.5	3.0	3.6
3.1	3.7	4.2	29	2.4	2.9	3.5
3.1	3.6	4.1	31	2.3	2.9	3.4
3.0	3.5	4.0	33	2.3	2.8	3.3
2.9	3.4	4.0	35	2.2	2.7	3.3
2.8	3.4	3.9	37	2.1	2.7	3.2
2.8	3.3	3.8	39	2.1	2.6	3.1
2.7	3.2	3.8	41	2.0	2.5	3.1
2.6	3.2	3.7	43	1.9	2.5	3.0
2.6	3.1	3.6	45	1.9	2.4	2.9
2.5	3.0	3.5	47	1.8	2.3	2.9
2.4	2.9	3.5	49	1.7	2.3	2.8
2.4	2.9	3.4	51	1.7	2.2	2.8
2.3	2.8	3.3	53	1.6	2.2	2.7
2.2	2.7	3.3	55	1.6	2.1	2.6
2.1	2.7	3.2	57	1.5	2.1	2.6
2.1	2.6	3.1	59	1.5	2.0	2.5

Table 24.:

Watts at maximal load (W)

M E N				W O M E N		
$\bar{x} - 1s$	$\bar{x}$	$\bar{x} + 1s$	Age (yr)	$\bar{x} - 1s$	$\bar{x}$	$\bar{x} + 1s$
86	124	162	11	76	106	137
124	163	201	12	112	142	173
158	197	235	13	136	166	197
186	225	263	14	149	179	210
207	246	284	15	155	186	218
222	261	299	16	158	189	219
232	271	309	17	159	190	221
239	278	316	18	160	190	221
243	282	320	19	159	190	220
246	284	323	20	159	189	220
247	285	324	21	158	188	219
247	285	324	23	156	187	217
244	283	321	25	154	185	215
241	280	318	27	152	183	213
238	276	315	29	150	181	211
234	272	311	31	148	178	209
230	268	307	33	146	176	207
225	264	302	35	144	174	205
221	260	298	37	142	172	203
217	255	294	39	140	170	201
212	251	289	41	138	168	199
208	246	285	43	136	166	197
204	242	280	45	133	164	195
199	238	276	47	131	162	193
195	233	272	49	129	160	190
190	229	267	51	127	158	188
186	224	263	53	125	156	186
181	220	258	55	123	154	184
177	215	254	57	121	152	182
172	211	249	59	119	150	180

\*



# Důvody k „předčasnému“ ukončení testu

- pokles systolického tlaku krevního o  $>10$  mm Hg při zvýšení zatížení
- bolest za hrudní kostí signalizující anginu pectoris
- nedostatečná perfuze (cyanóza, bledost)
- únava, nouze o dech, křeče
- hypertenze (systolický tlak  $>240$  mmHg, diastolický  $>115$  mmHg)
- poruchy srdečního rytmu (arytmie, ventrikulární tachykardie, apod.)

Ale hlavně jsou sledovány změny na ST úseku EKG:

- **DEPRESE** (svědčí o ischemii) – jsou častější a méně závažné než **ELEVACE** (většinou v místě staršího infarktu myokardu kde rovněž svědčí o ischemii)